

Measurement of fluid or loose material level in a container using a capacitive sensor and an alternating voltage supply with the filling material acting as the second capacitor plate so an additional plate is not required

Publication number: DE10063557

Publication date: 2002-07-04

Inventor: FLORIN MARTIN (DE); BONELLO MICHAEL (MT)

Applicant: ABERTAX INTERNAT RES AND DEV M (MT)

Classification:

- international: **G01F23/26; G01F23/22;** (IPC1-7): G01F23/26;
G01R27/26

- european: G01F23/26B4; G01F23/26B6

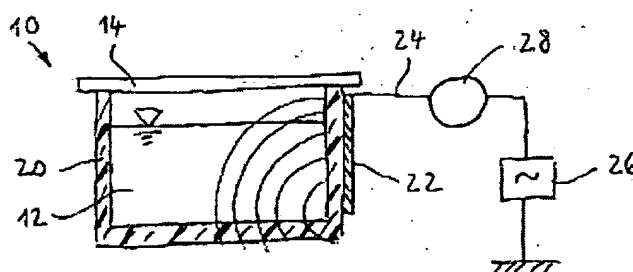
Application number: DE20001063557 20001220

Priority number(s): DE20001063557 20001220

[Report a data error here](#)

Abstract of DE10063557

Method for measuring the level of material (12) in a container (20) in which a sensor (22) is applied to the container wall or is integral with the wall. An alternating voltage is applied to the sensor to measure the level with the capacity or the resulting electrical field produced being used as measure for the filling level. The invention also relates to a corresponding device with an electrically conducting metallic or polymer sensor.



Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide



②① Aktenzeichen: 100 63 557.1
②② Anmeldetag: 20. 12. 2000
④③ Offenlegungstag: 4. 7. 2002

⑦① Anmelder:
Abertax International Research and Development
Malta Ltd., Malta, MT

⑦④ Vertreter:
Gustorf, G., Dipl.-Ing., Pat.-Anw., 84036 Landshut

⑦② Erfinder:
Florin, Martin, Dr., 57319 Bad Berleburg, DE;
Bonello, Michael, San Gwann, MT

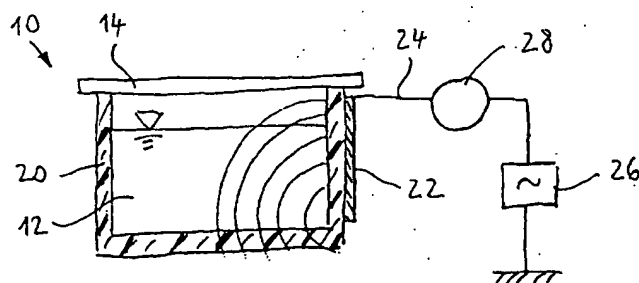
⑤⑥ Entgegenhaltungen:
DE 32 48 449 A1
US 31 19 266
EP 01 00 564 A1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤④ Verfahren und Vorrichtung zum Messen von Pegelständen

⑤⑦ Mit dem Verfahren und der Vorrichtung können in einem Behälter Pegelstände eines Füllgutes gemessen und angezeigt werden, wobei das Füllgut elektrisch leitend oder nicht leitend sein kann. Am Behälter wird ein Sensor 22 angebracht, der in das Füllgut 12 eintauchen, außen an der Behälterwand 20 angebracht oder in dieser integriert sein kann. Zur Messung des Pegelstandes wird an den Sensor 22 eine Wechselspannung angelegt, wobei die Stromstärke oder das erzeugte elektrische Feld ein Maß für die Füllstandshöhe ist.



[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Messen des Pegelstandes von Füllgut in einem Behälter mit Hilfe einer kapazitiven Sensorschaltung. Ferner betrifft die Erfindung eine Vorrichtung zur Durchführung dieses Verfahrens. Als Füllgut kommen Flüssigkeiten und andere fließfähige Stoffe, schüttfähige Feststoffe, z. B. Granulate, oder auch Gase in Frage.

[0002] Zur kapazitiven Messung der Höhe einer Flüssigkeit in einem Behälter ist es bekannt, in diesen zwei Kondensatorplatten einzutauchen, deren Zwischenraum teilweise mit der Flüssigkeit und teilweise mit Luft als Dielektrikum gefüllt ist. Die Kapazität des auf diese Weise gebildeten Kondensators setzt sich somit aus den beiden Teilkapazitäten entsprechend den unterschiedlichen Dielektrizitätskonstanten der beiden Medien Luft und Flüssigkeit zusammen. Zwischen der Gesamtkapazität dieses Kondensators und dem Pegelstand der Flüssigkeit besteht ein linearer Zusammenhang, so daß durch die Bestimmung der Gesamtkapazität bzw. des Verschiebungsstromes zwischen den beiden Platten der Pegelstand ermittelt werden kann.

[0003] Eine Vorrichtung zur Füllstandsmessung der gattungsgemäßen Bauart ist beispielsweise Gegenstand der EP-A 100 564. Nachteilig ist hierbei, daß die Platten oder Röhren des Meßkondensators in die Flüssigkeit eingetaucht werden müssen, was in vielen Anwendungsfällen nicht möglich oder schwierig ist. Ein Beispiel hierfür sind die Zellen von Batterien, die zu diesem Zweck mit entsprechenden Öffnungen versehen werden müssten. Außerdem wäre der Kondensator der Korrosion durch den Elektrolyten sowie der elektrischen Interferenz durch die Ladung der Batterie ausgesetzt. In anderen Anwendungsfällen, beispielsweise beim Messen des Inhalts von Kraftstofftanks in Fahrzeugen oder Flugzeugen, besteht die Gefahr, daß durch den erzeugten Verschiebungsstrom die leicht brennbare Flüssigkeit entzündet, so daß hier das erläuterte System nicht eingesetzt werden kann.

[0004] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren und eine Vorrichtung zum kapazitiven Messen des Pegelstandes in einem Behälter zur Verfügung zu stellen, ohne daß hierbei der Behälter entsprechend angepaßt oder ein aus zwei Platten bestehender Kondensator eingesetzt werden muß.

[0005] Bei einem Verfahren der im Betreff angegebenen Methode wird diese Aufgabe erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß ein Sensor über eine elektrische Leitung mit einer Wechselspannungsquelle bekannter Frequenz verbunden wird und daß der in der Leitung fließende Strom an einem Meßgerät gemessen und ggf. angezeigt wird, dessen Stromstärke direkt proportional zum Pegelstand ist.

[0006] Der Sensor besteht aus elektrisch leitfähigem Material, z. B. Metall oder Polymer, und kann dem Anwendungsfall entsprechend flach, rund oder anders geformt sein.

[0007] Die zur Durchführung dieses Verfahrens geeignete Vorrichtung ist erfindungsgemäß gekennzeichnet durch einen außen am oder im Behälter oder in der Behälterwandung angebrachten Sensor. Wenn dieser als aktiver Sensor verwendet wird, wird an diesen eine Wechselspannung angelegt, wobei die Stromstärke von der Höhe des Pegelstandes gegenüber dem Sensor abhängt. Die Stromstärke kann nach elektronischer Aufbereitung als Pegelstand angezeigt werden.

[0008] Bei Verwendung als passiver Sensor wird im Füllgut selbst eine Wechselspannung erzeugt oder von außen zugeführt, die im Sensor einen kapazitiven Wechselstrom erzeugt, der nach elektronischer Aufbereitung als Pegelstand angezeigt werden kann.

[0009] In beiden Fällen kann das Signal des Sensors über eine elektrische Leitung oder drahtlos über Funk an die Messeinrichtung übertragen werden.

[0010] Verfahren und Vorrichtung gemäß der Erfindung haben gegenüber dem bisher bekannten Stand der Technik den Vorteil, daß eines der beiden Kondensatorelemente durch das Füllgut selbst gebildet wird, während das andere Kondensatorelement der Sensor ist. Der Verschiebungsstrom tritt daher nur durch die Behälterwand hindurch, nicht jedoch durch das Füllgut selbst.

[0011] Nach einem weiteren Merkmal der Erfindung besteht auch die Möglichkeit, den Sensor so an eine Wechselspannungsquelle anzuschließen, daß ein vom Sensor ausgehendes elektrisches Feld erzeugt wird, das sich entsprechend dem Pegelstand (Höhenverhältnis Füllgut : Luft) im Behälter ändert und gemessen sowie angezeigt werden kann.

[0012] Wenn bei Behältern, deren Lage ständig wechselt, beispielsweise bei einem Kraftstofftank in Flugzeugen, der Pegel möglichst genau bestimmt werden soll, ist es in Weiterbildung der Erfindung möglich, am Behälter mehrere Sensoren an unterschiedlichen Stellen anzubringen und aus den Signalen aller Sensoren ein Mittelwert zu bilden. Dieser kann mit Hilfe einer RC-Tiefpaßfilterschaltung mit einer Zeitkonstanten von wenigen Sekunden ermittelt werden.

[0013] In Weiterbildung der Erfindung ist vorgesehen, den gemessenen Pegelstand mit einer Einrichtung zur automatischen Korrektur des Füllstandes und/oder zur Abgabe eines Warnsignals bei Erreichen kritischer Füllstände zu verbinden.

[0014] Die Erfindung ist nachstehend an Ausführungsbeispielen erläutert, die in der Zeichnung dargestellt sind. Es zeigen:

[0015] Fig. 1 die schematische Schnittdarstellung eines Behälters mit einer kapazitiven Sensorschaltung gemäß der Erfindung,

[0016] Fig. 2 eine Schnittdarstellung durch eine Variante der Fig. 1,

[0017] Fig. 3 die Schnittdarstellung einer weiteren Variante,

[0018] Fig. 4 die schematische Draufsicht auf einen Behälter mit mehreren Sensoren,

[0019] Fig. 5 ein Schaltbeispiel mit Tiefpaßfilter für die Anwendung im Beispiel der Fig. 4,

[0020] Fig. 6 eine Schnittdarstellung eines weiteren Anwendungsbeispiels und

[0021] Fig. 7 ein von dem Anwendungsbeispiel der Fig. 6 abgeleitetes Schaltbild.

[0022] Fig. 1 zeigt schematisch im Querschnitt einen Behälter 10 zur Aufnahme eines Füllgutes 12. Bei dem Behälter 10 kann es sich beispielsweise um einen Kraftstofftank oder eine Batteriezelle handeln. Der Behälter 10 kann zylindrisch sein oder eine andere Form haben und ist durch einen Deckel 14 verschlossen. Die Wandstärke des Behälters 10 ist mit d bezeichnet.

[0023] Durch den Deckel 14 des Behälters 10 hindurch ist ein Stab 16 oder eine Platte nach innen geführt, beispielsweise die Bleiplatte einer Batteriezelle, mit deren Hilfe leitfähiges Füllgut 12 geerdet werden kann, um die Wirkung des unten erläuterten Sensors 22 zu erhöhen. An der Außenseite des Deckels 14 hat die Platte 16 einen Kopf 18 für ihre Befestigung.

[0024] An der Außenwand 20 des Behälters 10 ist gemäß der Erfindung ein Sensor 22 aus Metall angebracht, der sich über nahezu die gesamte Höhe des Behälters 10 erstreckt. Der Sensor 22 ist mit einer elektrischen Leitung 24 verbunden, die an eine Wechselspannungsquelle 26 angeschlossen ist, die einen Wechselstrom der Frequenz f in der Leitung 24 erzeugt. In die Leitung 24 ist ferner ein Meß- und/oder An-

zeigergerät 28, beispielsweise ein Strommesser geschaltet. [0025] Die Wand 20 mit der Wandstärke d zwischen dem Sensor 22 und der Flüssigkeit 12 bildet das Dielektrikum des aus dem Füllgut 12 und dem Sensor 22 gebildeten Kondensators. Die Wand 20 besteht aus elektrisch nicht leitendem Material, beispielsweise Kunststoff oder Glasfaserwerkstoff.

[0026] Nach dem Gesetz von Coulomb gilt für die Kapazität:

$$C = \epsilon_0 \cdot \epsilon_r \cdot A/d, \text{ wobei}$$

A = Fläche des Kondensators ($A = b \times h$) mit

h = Höhe des Sensor 22 bis zum Füllgutpegel

b = Breite des Sensors 22 (nicht dargestellt).

[0027] Nach dem Ohmschen Gesetz gilt:

$$I = U/X_c \text{ mit}$$

I = vom Meßgerät 28 gemessene Stromstärke

U = erzeugte Spannung an der Wechselspannungsquelle 26

X_c = kapazitiver Blindwiderstand (Reaktanz), wobei

$$X_c = 1/\omega C \text{ mit}$$

$$\omega = 2 \pi f.$$

f = Frequenz der Spannung U

[0028] Durch Verknüpfen der beiden erläuterten Gleichungen nach Coulomb und Ohm ergibt sich für die gemessene Stromstärke:

$$I = U/d \cdot \omega \cdot \epsilon_0 \cdot \epsilon_r \cdot b \cdot h \text{ mit}$$

$$U/d \cdot \omega \cdot \epsilon_0 \cdot \epsilon_r \cdot b = K \text{ (const).}$$

[0029] Zwischen der Stromstärke und der Höhe h besteht somit der lineare Zusammenhang:

$$I = K \times h \text{ oder}$$

$$h = I/K.$$

[0030] Die Stromstärke I ändert sich somit proportional mit der Höhe des Pegelstandes des Füllgutes 12 im Behälter 10. Es ist damit möglich, die Stromstärke zu messen und als Pegelstand des Füllgutes 12 anzuzeigen und/oder als elektrisches Signal zur Betätigung einer nicht weiter dargestellten Einrichtung zur automatischen Füllstandskorrektur (Nachfüllen oder Ablassen von Füllgut 12) zu verwenden.

[0031] Fig. 2 zeigt eine Variante der Erfindung, gemäß welcher der Sensor 22, der an der Außenseite des aus nicht leitendem Material bestehenden Behälters 10 angebracht ist, so mit der Wechselspannungsquelle 26 verbunden ist, daß er ein elektrisches Feld erzeugt, dessen Feldlinien in Fig. 2 angedeutet sind. Dieses Feld wird je nach der Natur des nicht geerdeten Füllgutes 12 verstärkt oder vermindert, wobei der Grad der Verstärkung oder Verminderung von der Höhe des Pegelstandes abhängt. Das elektrische Feld und dessen Änderungen können mit Hilfe des Meßgerätes 28 gemessen, angezeigt und als Auslöser automatischer Füllstandskorrekturen verwendet werden.

[0032] Eine weitere Variante zeigt Fig. 3, bei welcher der Sensor 22, in das Füllgut 12 eintaucht. Sofern dieses elektrisch leitend ist, muß der Sensor 22 durch eine nicht leitende Ummantelung 34 gegen das Füllgut isoliert sein. Die Außenwand 20 des Behälters 10 kann aus jedem beliebigen Material bestehen, das leitend oder nicht leitend sein kann. Zusätzlich ist es möglich, das Füllgut 12 und/oder den Behälter 10 an eine Erdung 36 anzuschließen.

[0033] Auch bei dieser Variante der Fig. 3 wird durch die Wechselspannungsquelle 26 am Sensor 22 ein elektrisches Feld erzeugt, das sich mit dem Pegelstand ändert und am Meßgerät 26 gemessen bzw. angezeigt werden kann.

[0034] Alternativ zur Anordnung des Sensors 22 im Füllgut 12 oder an der Außenwand 20 aus nicht leitendem Material besteht auch die Möglichkeit, den Sensor 22 in die Außenwand 20 einzulassen, was bereits bei der Herstellung des Behälters 10 erfolgt.

[0035] Wenn im Fall der Anordnung gemäß Fig. 3 das Füllgut 12 elektrisch nicht leitend ist, kann selbstverständ-

lich die Ummantelung 34 des Sensors 22 entfallen.

[0036] Fig. 4 zeigt in Draufsicht einen Behälter 10, der an mehreren Stellen seiner Außenwand 20 mit Sensoren 22 bestückt ist. Jedem Sensor 22 kann ein eigenes oder allen ein gemeinsames Meßgerät 28 zugeordnet sein, so daß die Füllhöhe im Behälter 10 an unterschiedlichen Stellen ermittelt werden kann. Aus den verschiedenen Sensorsignalen kann elektronisch ein Mittelwert gebildet werden, der die Füllhöhe im Behälter 10 auch dann mit erwünschter Genauigkeit anzeigt, wenn sich das Füllgut 12 im Behälter in Bewegung befindet. Ein typischer Anwendungsfall dieser Sensoranordnung ist der Kraftstofftank in einem Flugzeug.

[0037] Zur Bildung des Mittelwertes kann ein RC-Tiefpaßfilter mit einer Zeitkonstante von wenigen Sekunden verwendet werden, der in Fig. 5 skizziert ist. Mit Hilfe eines Gleichrichters 30 wird das Wechselstromsignal des Sensors als Gleichstrom mit der Spannung U dem aus Widerstand R und Kondensator C bestehenden Tiefpaßfilter 32 zugeführt, um von dort ohne Anteile mit Frequenzen über $f = 1/RC$ von einigen Zehntel Hertz zur Anzeige als Pegelstand zu gelangen. Wenn aus den so verarbeiteten Signalen mehrerer Sensoren 22 mittels geeigneter Elektronik ein Mittelwert gebildet wird, ergibt sich eine genaue Füllstandsmessung auch dann, wenn sich der Behälter 10 in Bewegung befindet und sein Inhalt entsprechend schwappt.

[0038] Die Fig. 6 und 7 zeigen schematisch eine weitere Anwendungsmöglichkeit, bei der der kapazitive Sensor 22 als eine passive Sonde verwendet wird. Sie ist an der nicht leitenden Außenwand 20 des Behälters 10 angeordnet, beispielsweise einer Batteriezelle. Im Elektrolyten der Zelle wird durch Impulsladung oder Impulsentladung eine elektrische Spannungsänderung – angedeutet durch die Rechteckspannung an der Spannungsquelle 26 – erzeugt. Zwischen dem Elektrolyten 12 und dem Sensor 22 entsteht dadurch ein elektrisches Feld, das zu einer kapazitiven Stromaufnahme des Sensors 22 führt, die sich in Abhängigkeit von der Füllhöhe des Elektrolyts 12 ändert. Diese Änderung kann nach entsprechender Kalibrierung des Systems analog oder digital als Füllstand des Elektrolyts angezeigt werden.

[0039] Bei wiederholter kurzzeitiger Entladung der Batterie nehmen der vom Elektrolyten ausgehende Impuls und damit die kapazitive Stromaufnahme des Sensors 22 in Abhängigkeit vom Ladezustand der Batterie ab. Nach entsprechender Kalibrierung des Systems kann aus dieser Abnahme auf die aktuelle Restladung der Batterie geschlossen und diese angezeigt werden.

[0040] Nach vollständiger Aufladung einer nicht mehr neuen Batterie kann mit Hilfe des soeben dargestellten Verfahrens aus der kapazitiven Stromaufnahme des Sensors 22 auf die tatsächlich noch vorhandene Restkapazität der Batterie geschlossen und nach Vergleich mit der ursprünglichen Sollkapazität als Bruchteil dieser Sollkapazität angezeigt werden. Diese Anzeige informiert über den aktuellen Allgemeinzustand der Batterie.

[0041] Fig. 7 zeigt schematisch die in Fig. 6 dargestellte Anwendungsmöglichkeit bei einer Batterie mit drei Zellen.

[0042] Die Verwendung der Sonde als passiver Sensor ist nicht auf Batterien beschränkt. Denkbar sind vielmehr auch Anwendungen, bei denen dem Füllgut von außen eine Wechselspannung zugeführt wird, um aus der kapazitiven Stromaufnahme des Sensors auf den Pegel oder andere variable Eigenschaften des Füllgutes zu schließen.

[0043] Verfahren und Vorrichtung gemäß der Erfindung können zur Füllstandsmessung auf vielen Gebieten angewendet werden, beispielsweise bei Produktionsprozessen, in der Medizin, hier etwa zur Überwachung von Infusionen oder dergleichen, in Laboratorien oder in der Batterieüberwachung. Wie bereits erwähnt, können die mit Hilfe des

Sensoren ermittelten Meßergebnisse zur Steuerung der Füllmengenkorrektur sowie zur Auslösung von Warnsignalen bei Erreichen kritischer Füllstände verwendet werden.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Messen des Pegelstandes eines Füllgutes in einem Behälter mit Hilfe einer kapazitiven Sensorschaltung, **dadurch gekennzeichnet**, daß ein Sensor (22) über eine elektrische Leitung (24) mit einer Wechselspannungsquelle (26) bekannter Frequenz (f) verbunden wird und daß der in der Leitung (24) fließende Strom an einem Meßgerät (28) gemessen und/oder angezeigt wird, wobei die gemessene Stromstärke direkt proportional zum Pegelstand des Füllgutes ist.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Wechselspannung am Füllgut (12) anliegt oder in diesem erzeugt wird und daß die dadurch im passiv wirkenden Sensor (22) erzeugte kapazitive Stromaufnahme gemessen und als Pegelstand angezeigt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Sensor (22) an der aus elektrisch nicht leitendem Material bestehenden Außenwand (20) des Behälters (10) so angebracht wird, daß er sich über die Höhe aller im Behälter (10) zu erwartenden Pegelstände erstreckt.
4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Wechselspannungsquelle (26) gegen das Füllgut (12) im Behälter (10) geerdet ist.
5. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Wechselspannungsquelle (25) vom Füllgut (12) getrennt geerdet ist.
6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Sensor (22) in das elektrisch leitende Füllgut (12) eintaucht und gegen dieses elektrisch isoliert ist.
7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß am oder im Behälter (10) mehrere Sensoren (22) an unterschiedlichen Stellen angebracht werden, wobei aus den Stromstärken in den Leitungen (24) aller Sensoren (22) ein Mittelwert gebildet und angezeigt wird.
8. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Stromstärke eines oder mehrerer Sensoren (22) mittels einer RC-Tiefpaßfilterschaltung (30) mit einer Zeitkonstante von wenigen Sekunden ermittelt wird.
9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der am Meßgerät (28) ermittelte Wert als Signal zur Aktivierung einer Einrichtung zur automatischen Füllstandskorrektur verwendet wird.
10. Vorrichtung zum Messen des Pegelstandes eines Füllgutes (12) in einem Behälter mit dem Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, umfassend eine kapazitive Sensorschaltung, gekennzeichnet durch wenigstens einen am oder im Behälter (10) angeordneten Sensor (22), an den über eine elektrische Leitung (24) eine Wechselspannungsquelle (26) angeschlossen ist, wobei in die Leitung (24) ein Meßgerät (28) geschaltet ist.
11. Vorrichtung zum Messen des Pegelstandes eines Füllgutes (12) in einem Behälter mit dem Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, umfassend eine kapazitive Sensorschaltung, gekennzeichnet durch wenigstens einen am oder im Behälter (10) angeordneten Sensor (22) und eine im Füllgut (12) anliegende

Wechselspannung (26), die vom Füllgut (12) kapazitiv übernommen und deren Stromstärke im Meßgerät (28) gemessen und als Pegelstand angezeigt wird.

12. Vorrichtung nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß bei Einsatz des Behälters (10) als Batterie die Wechselspannung im als Elektrolyt wirkenden Füllgut (12) durch Impulsladung oder Impulsentladung erzeugt wird und daß die dadurch in dem Sensor (22) erzeugte, kapazitive Stromaufnahme im Meßgerät (28) gemessen und in Abhängigkeit von der Impulscharakteristik als Elektrolytpegel, Ladezustand oder Allgemeinzustand der Batterie zur Anzeige kommt.

13. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 10 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß der Sensor (22) an der Außenwand (20) des aus nicht leitendem Material bestehenden Behälters (10) angebracht ist und sich mindestens über die Höhe aller im Behälter (10) zu erwartenden Pegelstände erstreckt.

14. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 10 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß bei Einsatz des gemäß Anspruch 1 aktiv wirkenden Sensors (22) das Füllgut (12) geerdet ist.

15. Vorrichtung nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, daß die Wechselspannungsquelle (26) des aktiven Sensors (22) gegen das Füllgut (12) geerdet ist.

16. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 10 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß das Füllgut (12) nicht geerdet ist.

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -

BEST AVAILABLE COPY

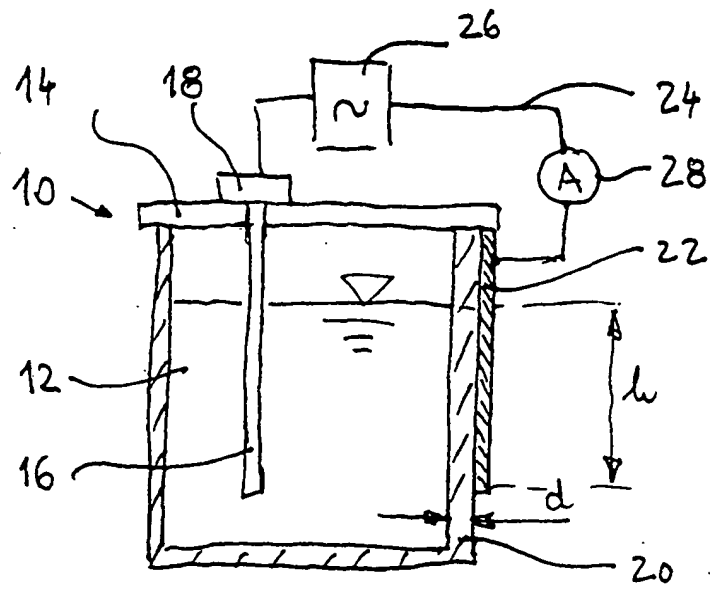


Fig. 1

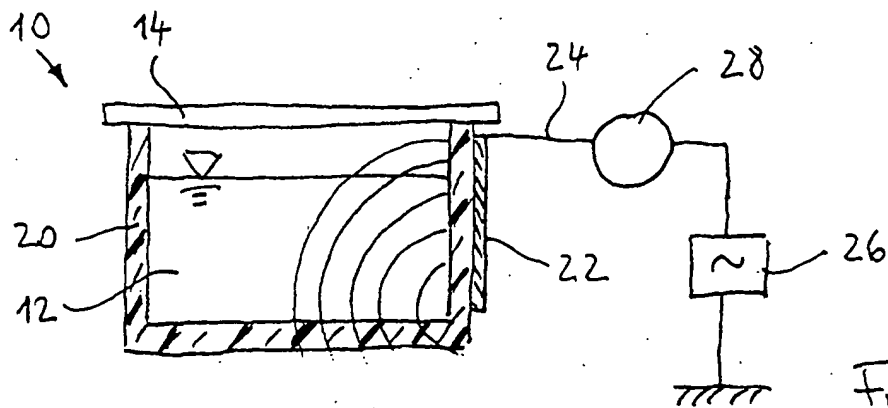


Fig. 2

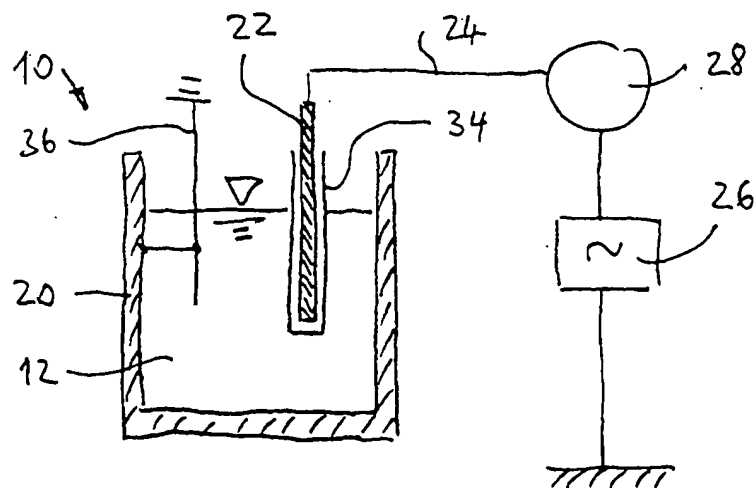


Fig. 3

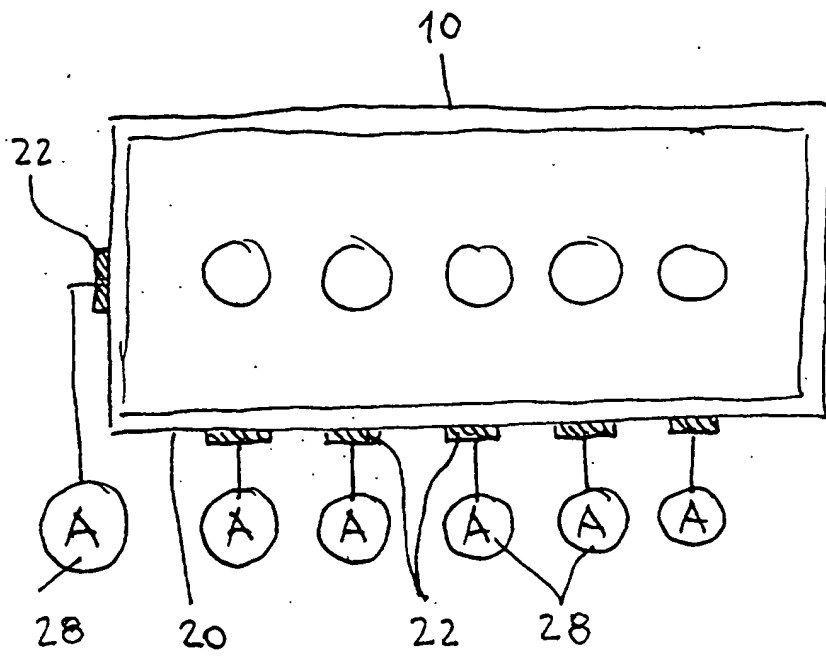


Fig. 4

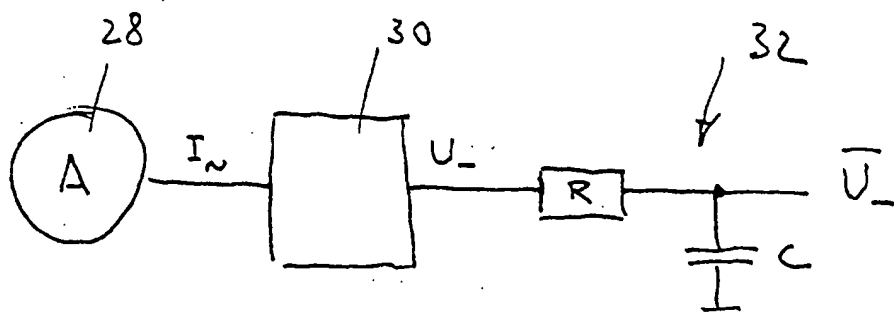


Fig. 5

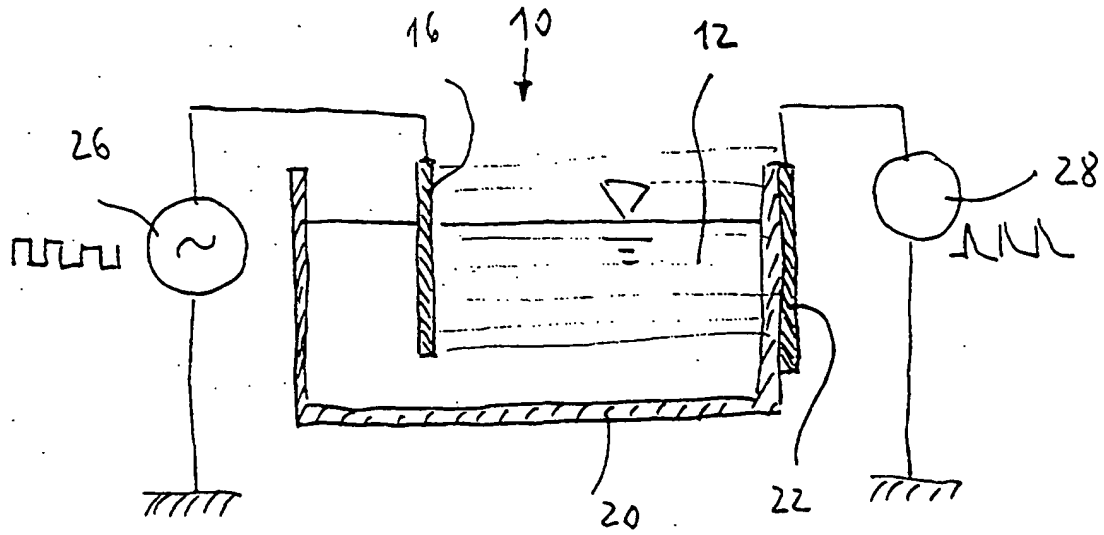


Fig. 6

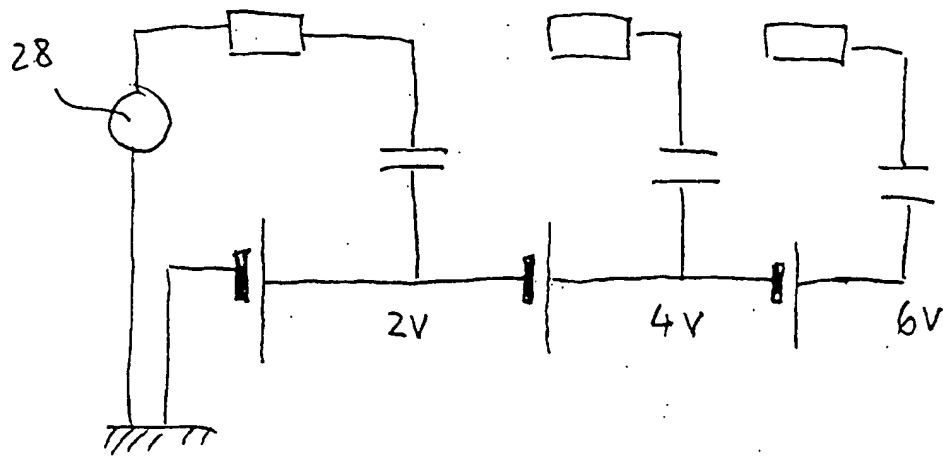


Fig. 7